

Parametric design tools and methods for an innovative constructive procedure

Nicola Bartolini*, Alice Schweigkofler, Davide Prati, Cecilia Mazzoli, Riccardo Gulli

Highlights

This study focuses on the conception, design and development of a new dry-assembled construction system made with geopolymeric blocks braced with a steel frame.

A parametric design process was defined in order to offer a decision support system for the designer.

The principal result of the research is the analysis of the whole process workflow, starting from the basic aggregation of a single system module and arriving at the generation of an entire building.

Abstract

Objective of the study is to analyze the potential of an innovative construction process and verify its applicability through the development of an architectural project in accordance with the principles of product and process sustainability, bioclimatic, economic efficiency and optimization of construction costs and dry-assembly. In particular, the research focused on the development of a methodology of computational analysis through the use of variational-parametric software, in order to aid to the designer in developing optimized solutions according to the criteria and requirements set by the construction process.

Keywords

Integro BS 400, Parametric design, Bioclimatic, Geopolymeric blocks, Dry-assembled process

1. INTRODUCTION

The primary instances that guide the innovative technological solutions in the field of building construction, follow the principles set by the issue of sustainability, that in its broadest sense refers to themes ranging from the environmental scale to the scale of materials. In general those instances are associated to more specific requirements regarding the performance efficiency, the structural safety, the economic optimization of processes, the functionality of use, the quality of housing conditions and design. In this context, the proposal which is formulated by the research provides the fulfilment of all the above mentioned instances through the design of an integrated construction process, and in particular points to the satisfaction of the criteria for a sustainable building practice based on the principle of the “bioclimatic and massive” construction, here understood as an alternative

Nicola Bartolini

DA - Dipartimento di Architettura,
Università di Bologna, viale
Risorgimento 2, Bologna, 40100,
Italia

Alice Schweigkofler

DA - Dipartimento di Architettura,
Università di Bologna, viale
Risorgimento 2, Bologna, 40100,
Italia

Davide Prati

DA - Dipartimento di Architettura,
Università di Bologna, viale
Risorgimento 2, Bologna, 40100,
Italia

Cecilia Mazzoli

DA - Dipartimento di Architettura,
Università di Bologna, viale
Risorgimento 2, Bologna, 40100,
Italia

Riccardo Gulli

DA - Dipartimento di Architettura,
Università di Bologna, viale
Risorgimento 2, Bologna, 40100,
Italia

* Corresponding author
Tel.: +39-347-2698839;
e-mail: nicola.bartolini5@unibo.it

to the light and adiabatic construction technique. This principle is based on the assumption that the different ways to build are also an expression of the variability of environmental and climatic conditions and also of the specific sites, and that the “bioclimatic and massive” solutions will represent the best response to the demands posed by the living comfort and by the reduction of consumption in areas characterized by temperate and Mediterranean climate regimes. This objective is pursued both through a thermal performance optimization arising from the use of heavy materials (inertia) and with a proper sun-air exposure, that means an appropriate typological and functional organization of the living spaces. In addition to this requirements, the system meets the instances raised by structural safety in contexts of high seismic risk, those of quickness and economicity of execution guaranteed by the use of dry building construction processes, those of plants optimization related to automation, those of protection of sites using integrated technology unit to the network of underground utilities.

The research adopted a computational method of analysis in order to manage and monitor the performances of the constructive system in an optimized way. The computational analysis of data consists into process a problem and in the development of it through a software, where the complexity of the considered information is organized in a defined system of relationships between the parties, controlled and managed through digital tools of parametric design. The study has the objective of defining a tool able to handle the complexity of the involved variables in relation to the technical features of the construction system and that lends itself to be a useful aid to the designer in the process of setting up the project.

2. DESIGN ASSUMPTIONS

The proposed construction system is integrated in a deepest research project called “Integro BS 400”, developed within the activities of the Department of Building and Construction CIRI (Centro Interdipartimentale di Ricerca Industriale) of the University of Bologna. The presented study intends to investigate a construction process that is already defined, in order to highlight its practical and formal potentialities by referring to some founding principles of the design approach which are: a process for the quality in construction achievable with a low cost budget in accordance with the principles of the massive bioclimatic architecture, addressed in terms of energy efficiency and durability, related to the necessary requirements for a sustainable construction, with a particular focus on the paradigm of reversibility. The construction process is based on the combined use of a point steel structure, with a thread

1. INTRODUZIONE

Le primarie istanze che guidano la ricerca di soluzioni tecnologiche innovative nel campo della costruzione edilizia seguono i principi posti dal tema della sostenibilità, che nella sua accezione più ampia si estende dalla scala ambientale fino a quella dei materiali. A tali istanze di carattere generale si associano quelle più specifiche riguardanti l'efficienza prestazionale, la sicurezza strutturale, l'ottimizzazione economica dei processi, la funzionalità d'uso, la qualità delle condizioni abitative e di design. In questo ambito la proposta che viene formulata dalla ricerca prevede il soddisfacimento delle istanze sopracitate attraverso la progettazione di un procedimento costruttivo integrato che preveda il soddisfacimento di tutti i requisiti sopra indicati ed in particolare i criteri di una edilizia sostenibile basata sul principio della costruzione “bioclimatica e massiva”, qui intesa come modello alternativo all'edificio leggero e adiabatico. Tale principio si fonda sul presupposto che i modi di costruire sono anche espressione della variabilità delle condizioni ambientali e climatiche dei luoghi, e che conseguentemente la costruzione “bioclimatica e massiva” rappresenti la migliore risposta alle esigenze poste dal confort abitativo e dalla riduzione dei consumi nelle aree con regimi climatici temperati e mediterranei. Questo obiettivo viene perseguito sia attraverso una ottimizzazione delle prestazioni termiche fornite da materiali pesanti (inerzia), sia con una corretta esposizione “sole-aria”, ovvero una appropriata organizzazione tipologico-funzionale degli spazi abitativi. Oltre a tali requisiti il sistema soddisfa le istanze poste dalla sicurezza strutturale in contesti ad elevata esposizione sismica, quelle di rapidità ed economicità esecutiva garantita dall'impiego di procedimenti a secco, quelle di ottimizzazione impiantistica correlata alla automatizzazione, quelle di tutela dei siti con l'impiego di unità tecnologiche integrate alla rete dei sottoservizi.

La ricerca ha adottato una analisi di tipo computazionale per gestire in forma ottimizzata le caratteristiche prestazionali del sistema costruttivo. L'analisi computazionale dei dati consiste nell'elaborazione di un problema e nello sviluppo di questo attraverso un software, in cui la complessità delle informazioni considerate è organizzata in un sistema definito di relazioni tra le parti, controllate e gestite attraverso strumenti digitali di progettazione parametrica. Lo studio si pone quindi l'obiettivo di definire uno strumento capace di gestire la complessità delle variabili in gioco in relazione alle specifiche tecniche del procedimento costruttivo e che si presti ad essere un utile ausilio al progettista nella fase di impostazione del progetto.

2. PRESUPPOSTI PROGETTUALI

Il sistema costruttivo proposto rientra in un più ampio progetto di ricerca chiamato “Integro BS 400”, sviluppato all'interno delle attività del CIRI Edilizia e Costruzioni (Centro Interdipartimentale di

of 400 cm, integrated with reinforced walls as closure elements, consisting of blocks made of by a clay based geopolymeric material, eventually obtained from recycled scraps of bricks (Fig. 1).

A further technical specification of the constructive system refers to the possibility to be completely dry-assembled: it consists of a series of discrete elements, prefabricated and standardized as much as possible, assembled together through the exclusive use of mechanical joints, without any binders, resins or glues.

From this variable derive the most significant performance potentialities of the structure, which are the rapid assembly process, the low cost execution and the complete and easy alteration and improvement. The requirements of sustainability and quality, here understood as living comfort, led to the drawing up of a massive system: the prefabricated structures are often realized with light materials which cause a “roulotte effect” because of the insufficient thermal inertia of the volumes, leading to fuel the perception of insecurity, even today associated to generic prefabricated buildings (even when these are completely performant).

The requirement for mass led consequently to the careful selection of the material and to a specific wall design, realized with blocks of geopolymeric, clay-based material. In addition, the necessity to guarantee the versatility in all conditions of use, understood as performance flexibility of the different components, was here pursued by adopting the technique of the “dry stratification”, according to which every technical required performance is achieved through the juxtaposition of layers or specific items, integrated into the structural building system, which have been developed up until the level of architectural detail.

A second phase of the study was then addressed to identify and detect any significant potentiality for the application of the constructive system in the field of residential building.

Innovative technical solutions, newly designed, must also meet the innovations induced by today’s living conditions including first and foremost the new, or recently growing, needs of flexibility, maintainability and transformation (in the run-up to the achievement of the required quality standards in one hand, and the easy demolition and sustainable material disposal on the other), the principles of the modularity for typological versatility, the requirements in reduction of costs and shortening in timing. All of these aspects conduce the research to develop innovative construction techniques to manage the different building elements, based on the connection/disconnection method, supported on a technical profile by the dry-assembled process.

Ricerca Industriale) dell'Università di Bologna. Lo studio qui presentato si propone quindi di indagare un procedimento costruttivo già definito per evidenziarne le potenzialità applicative e formali nel rispetto di alcuni principi fondativi dell'approccio progettuale che si intende affermare, quali: un procedimento costruttivo per l'edilizia di qualità a basso costo rispondente ai principi della bioclimatica massiva, affrontati in termini di efficienza energetica e durabilità, correlati ai requisiti necessari per un'edilizia sostenibile, con particolare attenzione al paradigma della reversibilità. Il procedimento costruttivo si basa sull'impiego combinato di uno scheletro puntiforme in acciaio, con passo di 400 cm, e tamponamenti armati costituiti da conci in materiale geopolymerico a base argillosa, eventualmente ottenuto dal riciclo di scarti di lavorazione del laterizio (Fig. 1).

Una ulteriore specifica tecnica del sistema costruttivo consiste nella possibilità di essere completamente realizzato a secco: costituito da una serie di elementi discreti prefabbricati e il più possibile standardizzati, assemblati fra loro mediante il solo utilizzo di incastri meccanici, con la totale esclusione di leganti, resine o colle. Da questa variabile derivano le principali potenzialità prestazionali della struttura, quali la rapidità di montaggio, l'economicità esecutiva e la completa e agevole trasformabilità. I requisiti di sostenibilità e qualità, intesa come comfort abitativo, hanno portato all'elaborazione di un sistema massivo: le strutture prefabbricate sono realizzate spesso con tamponamenti leggeri che causano uno sgradevole "effetto roulotte", causa l'insufficiente inerzia termica delle chiusure, il quale contribuisce ad alimentare la percezione di precarietà e insicurezza ancora oggi associato alle strutture prefabbricate in genere (anche quando queste sono del tutto performanti). Il requisito di massività ha portato quindi alla selezione specifica del materiale e della conformazione del tamponamento, realizzato in blocchi di materiale geopolymerico a base argillosa.

La necessità, inoltre, di garantire la versatilità in qualunque condizione di impiego, intesa come flessibilità prestazionale dei componenti, è stata perseguita adottando la tecnica della “stratificazione a secco”, in base alla quale ogni prestazione richiesta è ottenuta attraverso la giustapposizione di strati o elementi specifici, integrati al sistema costruttivo strutturale, che sono stati sviluppati fino al livello del dettaglio architettonico.

Una seconda fase dello studio è stata poi indirizzata a individuare e rilevare tutte le potenzialità significative per l'applicazione del sistema nell'ambito dell'edilizia residenziale. La ricerca di soluzioni architettoniche di nuova concezione devono infatti rispondere anche ai mutamenti indotti dalle odierne condizioni dell'abitare tra cui in primis le esigenze, nuove o sempre crescenti, di flessibilità, manutenibilità e trasformabilità (in vista del raggiungimento degli standard di qualità richiesti da un lato e di demolibilità reversibile dall'altro), i principi di modularità per la versatilità tipologica, le

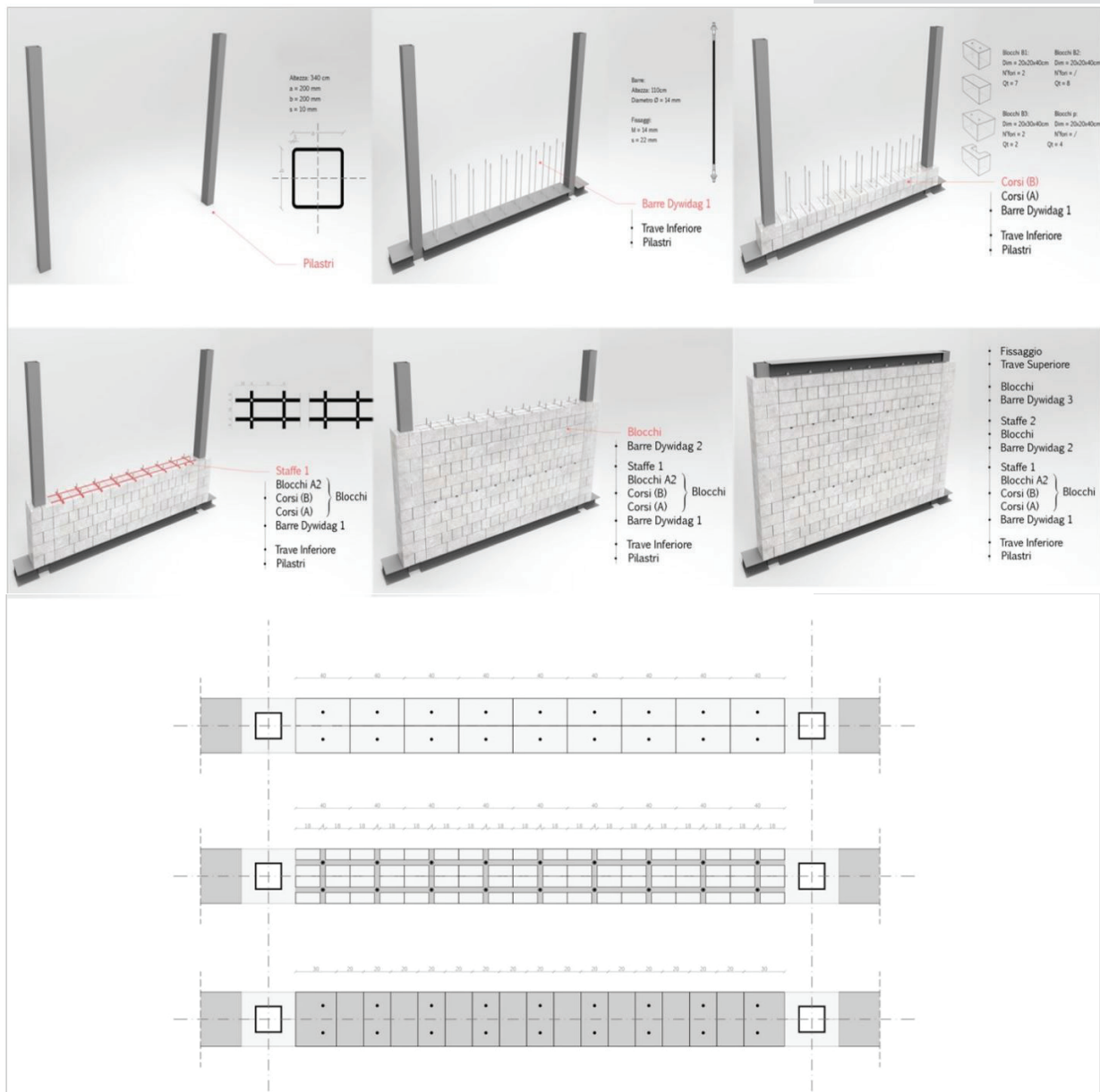


Figure 1. The constructive system “Integro BS 400” under development and testing phase in the laboratories of the Department of Building and Construction CIRI of the University of Bologna.

3. COMPUTATIONAL THINKING

The approach adopted for the definition of the formal and architectural aspects which characterize the object, follows an alternative route in comparison to the usual modalities in compositional disciplines. The assumptions of this choice find their own legitimation in the assumed condition that the outcome of the project should be strongly affected from the constraints imposed by the constructive process, that means the context in which we operate is kind of a “catalogue architecture”. Such an assumption, whose validity is concretely much more larger of what is normally believed, don’t raises substantive issues but only methodological issues, that means it allows to adopt tools

esigenze di abbassamento dei costi e della riduzione dei tempi. Tutti aspetti, questi, che indirizzano verso tecniche di connessione/disconnessione degli elementi dell’edificio, e sono tutti supportati sotto il profilo tecnico dall’assemblaggio a secco.

3. COMPUTATIONAL THINKING

L’approccio seguito nella definizione dei caratteri formali ed architettonici dell’oggetto ha seguito una strada alternativa rispetto alle modalità proprie delle discipline compositive. I presupposti della scelta trovano una propria legittimazione nell’assunto che l’esito del progetto risulti fortemente condizionato dai vincoli imposti dal procedimento costruttivo, ovvero che l’ambito in cui si opera è quello di una “architettura a catalogo”. Tale presupposto, la cui

and methods that afford an automation of design procedures in the phase of setting up the project. In particular it is adopted a computational approach that uses a software support, which allowed a complete control over the process, making it possible to manage and sort all the considered information and the obtained solutions. The “computational approach” should be described as an “exploitation of the calculation”, that generates one or more solutions starting from an open problem, and provides complete and significant responses obtained from a multiplicity of variables, which must be discretized, generalized and represented in the form of data. The setting of the problem requires the decomposition of the entire decisional process that guides the project, as well as the discretization of the involved variables, and ensures that all the possible solutions will refer solely to the imposed parameters and limits. The objective is to improve the quality and the data exchange between the parties, excluding the presence of errors and developing a high number of solutions, otherwise unmanageable manually.

The parametric instrument here utilized is Grasshopper®, a plug-in open source of the CAD software Rhinoceros 3D for the virtual modeling. It's a tool for the “visual programming” that allows the programming through the graphics manipulation of elements, rather than through written syntax. The shape is no longer obtained according to the additive-based logic of the CAD systems or through the virtual manipulation, as with the 3D modeling softwares, but is generated through an ordered sequence of instructions: the algorithm processes the input data according to specific conditions imposed, to the variables enclosed within defined limits, and to certain parameters set by the user. The process of progressive differentiation results into a stochastic research

which generates a high number of possible solutions within predetermined ranges. All the output results are catalogued as a product of a process that examines separately the information content (dimensional, functional, typological, technological, etc.) and the formal resolution. The final outcome is determined by the combinatorial possibilities induced by constraints, because its properties and the range of fluctuation of its variables are integrated to the starting conditions arising from the constructive system.

4. RESULTS

The product of the study consists of a software design support divided into three steps, which are placed in relation to each other

according to a sequential hierarchy. The three parts consist of different types of algorithms (Fig. 2), which interface themselves with different themes

validità è in realtà molto più estesa di quanto normalmente si tende a credere, non pone questioni di merito ma solo di metodo, ovvero permette la messa in campo di strumenti e metodi che consentono una automatizzazione delle procedure nella fase di impostazione del progetto. Nello specifico si è adottato un approccio computazionale che prevede l'utilizzo di un supporto software, il quale ha permesso un completo controllo sul processo, consentendo di gestire e ordinare tutte le informazioni e le soluzioni ottenute. Il “Computational thinking” (o approccio computazionale) si può descrivere come una “strumentalizzazione del calcolo”, che genera una o più soluzioni a partire da un problema aperto e fornisce delle risposte complete e significative a partire da una molteplicità di variabili, le quali devono essere discretizzate, generalizzate e rappresentate sotto forma di dati. L'impostazione del problema richiede la decomposizione dell'intero processo decisionale che guida il progetto, nonché la discretizzazione delle variabili in gioco e garantisce che le possibili soluzioni siano basate esclusivamente sui parametri e sui limiti imposti. L'obiettivo è quello di migliorare la qualità e lo scambio dei dati tra le parti, escludendo la presenza di errori e sviluppando un alto numero di soluzioni, altrimenti non gestibili manualmente. Lo “strumento parametrico” utilizzato è Grasshopper®, un plugin open source del programma CAD Rhinoceros 3D per la modellazione virtuale. Si tratta di un “Visual Programming” che consente la programmazione tramite la manipolazione grafica di elementi, piuttosto che tramite sintassi scritta. La forma quindi non è più ottenuta secondo la logica additiva tipica dei CAD o la manipolazione virtuale, come avviene con i software di modellazione 3D, ma è generata attraverso una sequenza ordinata di istruzioni: l'algoritmo elabora i dati di input secondo specifiche condizioni imposte, variabili all'interno di limiti definiti, e determinati parametri fissati dall'utente. Il processo di progressiva differenziazione si traduce quindi in una ricerca stocastica che genera un alto numero di soluzioni possibili all'interno di range prefissati. Tutte le soluzioni di output vengono catalogate come prodotto di un processo che esamina separatamente i contenuti informativi (dimensionali, funzionali, tipologici, tecnologici, etc.) e la risoluzione formale. L'esito finale è quindi determinato dalle possibilità combinatorie indotte dai vincoli, in quanto le sue proprietà e la portata della fluttuazione delle sue variabili sono integrate al sistema costruttivo di partenza.

4. RISULTATI

Il prodotto dello studio consiste in un software di supporto alla progettazione diviso in tre step, i quali sono posti in relazione fra loro secondo una gerarchia sequenziale. Le tre parti sono costituite da algoritmi (Fig. 2) di diverso tipo, ciascuno dei quali si interfaccia con tematiche differenti che spaziano dalla ricerca di forma all'analisi funzionale e tipologica.

ranging from the formal research to the typological and functional analysis. Although the work is divided into sub-systems, if we consider together the three algorithms (algorithm for aggregation of modules, algorithm for the functional study, algorithm for the typological compatibility) according to the specific choices of inputs, parameters and imposed variables, we can say that the whole process is focused on the analysis of the possible applications of the constructive system.

Sebbene il lavoro sia ripartito in sub-sistemi, se si considerano congiuntamente i tre algoritmi (algoritmo per l'aggregazione dei moduli, algoritmo per lo studio funzionale, algoritmo per la compatibilità tipologica) assieme alle relative scelte degli input, dei parametri e delle variabili imposte, si può vedere che l'intero processo è incentrato sull'analisi delle possibili applicazioni del sistema costruttivo. Il primo algoritmo si sviluppa in riferimento al concetto di modulo. Attraverso l'analisi del sistema

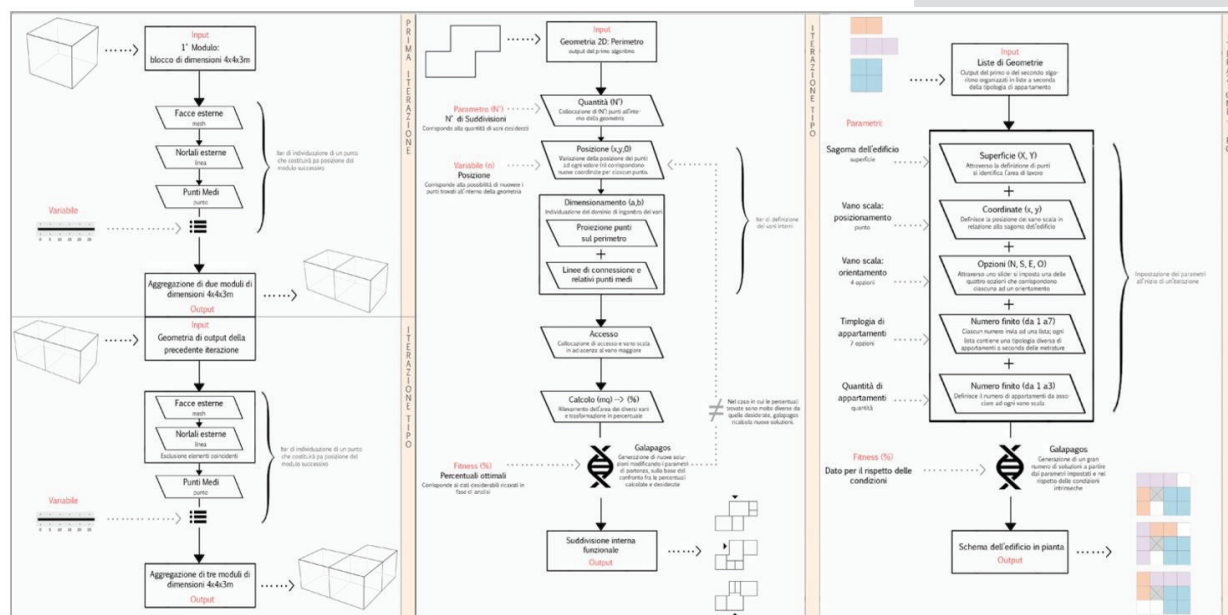


Figure 2. Algorithm for aggregation of modules, algorithm for the functional study, algorithm for the typological compatibility.

The first algorithm is developed in reference to the concept of module. Through the analysis of the steel building system we have come to define a basic modular unit: an elementary cell that surrounds a minimum habitable environment, which is singled out by a square-based parallelepiped with a side of 3m and 4 m high. It is a “cell of space”, whose repetition and aggregation will lead to the definition of the architectural body. The study of the qualitative and quantitative aggregation possibilities of this module, according to a specific distribution law, forms the centerpiece of this first study developed through the algorithmic modeling: the identified module is the input of the problem; the possible combinations between multiple modules represent instead the output, and represent the shape of a unit, that means of a single apartment, that in fact is nothing more than an architectural space composed of one or more spaces between them related but independent from each other. The best way to calculate all solutions was using an iterative algorithm, that works according to a step-by-step procedure, through which it was possible to build a complete schedule of results containing all possible solutions. Every

costruttivo si è arrivati alla definizione di una unità modulare base: una cellula elementare che delimita un ambiente abitabile minimo, il quale è individuato da un parallelepipedo di base quadrata, di lato 4 m e di altezza 3 m. Si tratta di una “cellula di spazio”, la cui ripetizione e aggregazione porterà alla definizione dell'organismo architettonico. Lo studio della possibilità di aggregazione qualitativa e quantitativa, secondo una specifica legge distributiva, costituisce il fulcro di questo primo studio sviluppato attraverso la modellazione algoritmica: il modulo individuato costituisce l'input del problema; le aggregazioni possibili fra più moduli ne rappresentano invece l'output e costituiscono la forma di una unità abitativa, cioè di un singolo appartamento, che infatti non è altro che uno spazio architettonico composto da uno o più ambienti tra loro legati ma indipendenti. Il modo migliore per calcolare tutte le soluzioni è stato l'utilizzo di un algoritmo iterativo, che opera secondo un procedimento step-by-step, tramite il quale si è riusciti a compilare un abaco completo dei risultati, contenente tutte le soluzioni possibili. Ogni geometria sintetizzata, dalla più particolare e complessa alla più semplice e compatta, può essere considerata come una

synthesized geometry, from the more particular and complex to the simplest and compact, can be considered as a possible candidate to be the outline of a living unit within the project. Among these we proceeded to the identification of “performance classes” according to the surface-to-volume ratio, identifying the best solutions in terms of heat loss and intrinsic sustainability, in order to facilitate the design process by directing the designer to the preferable using of certain forms in place to others (Fig. 3).

possibile candidata a costituire la sagoma di una unità abitativa in sede di progetto. Fra queste si è proceduto all'identificazione di “classi di prestazione”, descritte in base al rapporto superficie-volume, che individuano le soluzioni migliori a livello di dispersioni, e quindi di sostenibilità intrinseca, in modo da facilitare il processo progettuale indirizzando il progettista all'utilizzo preferibile di determinate forme in luogo ad altre (Fig. 3). Il secondo algoritmo riguarda lo studio della disposizione funzionale

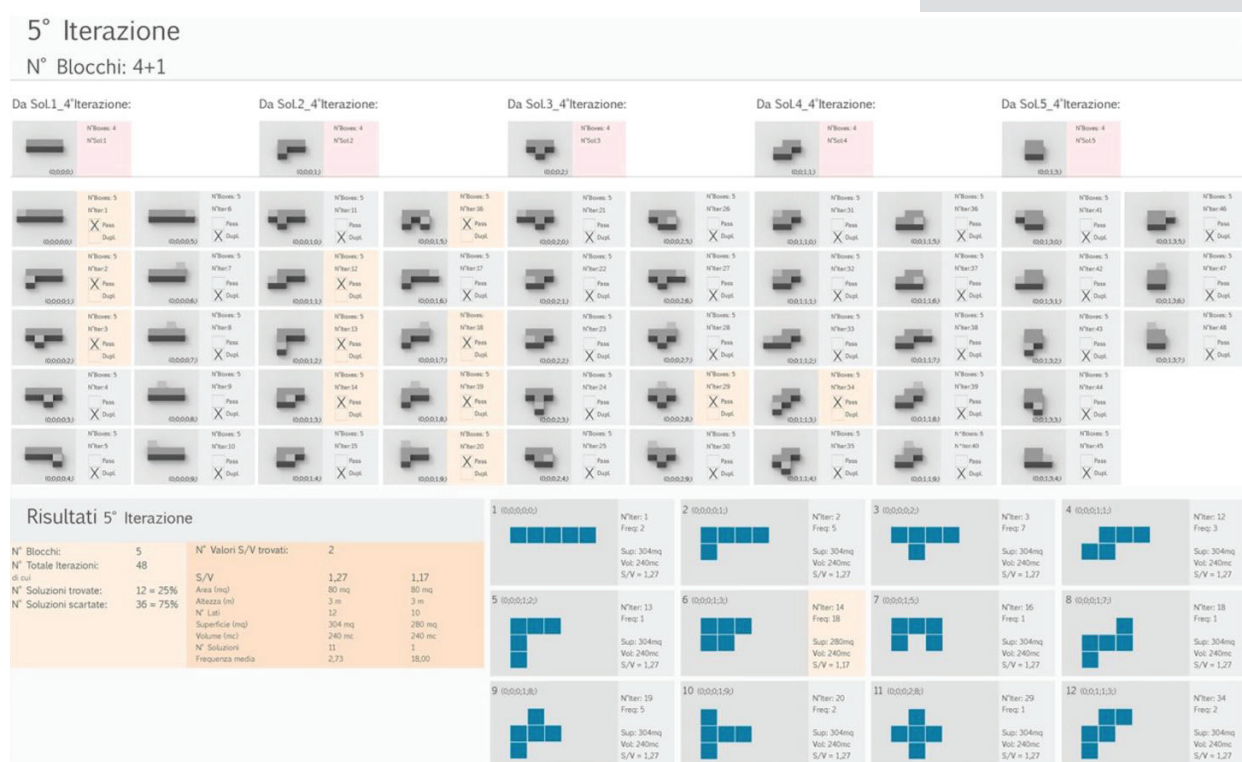


Figure 3. Algorithm for aggregation of modules: example of a n-th iteration.

The second algorithm focuses on the study of the functional arrangement of the different spatial environments inside a residential unit, in relation to the themes of functional distribution and in particular to the topic of minimum unit. The developed algorithm was defined “for the functional adaptability” because, starting from an input geometry that forms the perimeter of the unit, it goes on to outline the possible internal subdivisions of this according to the parameters and conditions imposed. It is directly linked to the previous algorithm, because it takes the results of this and uses them as new input: once the initial data have been set (geometry of perimeter and number of inner subdivisions) the program proceeds to the spatial definition of environments, that means to the proper identification of the geometric compartments in the apartment. At this stage exists some conditions, deriving from the inherent composition of the algorithm, concerning the minimum size of individual

degli ambienti all'interno di una unità abitativa, in relazione ai temi di unità funzionale e in particolare su quello di unità minima. L'algoritmo sviluppato è stato definito “per l'adattabilità funzionale” in quanto, a partire da una geometria di input che costituisce il perimetro dell'unità abitativa, va a delineare le possibili suddivisioni interne di questa in base ai parametri e condizioni imposti. Esso è direttamente collegato all'algoritmo precedente, in quanto ne riprende i risultati e li utilizza come input: una volta impostati i dati iniziali (geometria di perimetro e numero di suddivisioni interne) il programma procede alla definizione spaziale degli ambienti, cioè alla vera e propria individuazione geometrica dei vani interni all'appartamento. In questa fase sussistono alcune condizioni, derivanti dall'intrinseca composizione dell'algoritmo, che riguardano la metratura minima dei singoli vani, in riferimento ad unità abitative “tipo”, elaborate attraverso l'analisi del quadro normativo di riferimento e il rispetto di vincoli

geometrici essenziali. Per la ricerca delle soluzioni "ottimizzate" tra tutte quelle fornite dal sistema, si è impiegato il componente "Galapagos" che consente di formulare una modellazione algoritmica di tipo generativo e che opera ciclicamente elaborando una progressiva ottimizzazione dei risultati sulla base di un dato detto di fitness. Il fitness è una sorta di parametro, un'indicazione che costituisce il "goal", l'obiettivo, la caratteristica desiderata in un processo, che in questo caso è definito dalle percentuali ideali di ingombro di un singolo vano sulla superficie complessiva dell'unità abitativa (Fig. 4).

Lo studio relativo all'organizzazione funzionale deve essere poi connesso con quello relativo all'analisi tipologica: l'analisi funzionale



non si esaurisce infatti con il solo studio di distribuzione spaziale, ma deve prendere in esame anche altri aspetti quali la sagoma complessiva dell'edificio, la distribuzione reciproca delle unità abitative, gli accessi, l'illuminazione, l'orientamento ecc. Il terzo algoritmo si presenta quindi come uno strumento utile per tale finalità. Il programma elaborato permette, attraverso un processo ben definito, di studiare le diverse possibilità di aggregazione fra più unità abitative, prima analizzate singolarmente attraverso i due precedenti algoritmi, e di inserirle all'interno di un organismo edilizio. Qui entrano in gioco delle nuove variabili, che riguardano l'intero edificio e non più le sue singole parti, le quali possono essere impostate di volta in volta in base alle esigenze

and no longer its individual parts, which can be set from time to time on the basis of the contextual needs of each individual project in relation to changing circumstances that may arise (Fig. 5).

contestuali del singolo progetto in relazione alle circostanze mutevoli che si possono presentare (Fig. 5). Nel suo complesso, il processo ha portato alla definizione di una serie di



Figure 5. Algorithm for the typological compatibility.

As a whole, the process has led to the definition of a series of information summarized in the form of abacus, from which it is drawn for the final definition of the project of a residential building. The software has driven step by step the project configuration, starting from the definition of the outline of the building, until to get to the distribution of housing units and the internal organization of the spaces and living environments.

The application phase of the method and software developed has seen its fulfillment in the design for a new residential settlement in Bologna. On the architectural scale has come to define three typologies of building among those constituting the complete residential complex and, for each of these, the design was always conducted with the goal of achieving quality of living, focusing on fundamentals elements such as the sun-air impact, the orientation, the natural ventilation, the correct organization of spaces and the elimination of misspend, applying principles that have been defined as essential for an innovative building practice, which are flexibility, versatility, modularity, cost effectiveness and sustainability (Fig. 6).

informazioni sintetizzate sotto forma di abaco, da cui si è attinto per la definizione finale e la restituzione del progetto di un edificio residenziale. Il software ha guidato passo dopo passo la configurazione del progetto, a partire dalla definizione della sagoma dell'edificio, fino ad arrivare alla distribuzione delle unità abitative e all'organizzazione interna degli spazi e degli ambienti dell'abitare.

La fase applicativa del metodo e del software sviluppati ha visto la sua realizzazione nel progetto di un nuovo insediamento residenziale a Bologna. Su scala architettonica si è arrivati alla definizione di tre tipologie di edifici fra quelli costituenti il complesso residenziale nel suo insieme e, per ognuno di questi, la progettazione è stata sempre condotta con l'obiettivo del raggiungimento della qualità dell'abitare, ponendo l'attenzione su elementi fondamentali, quali l'impatto sole-aria, l'orientamento, la ventilazione naturale, la corretta organizzazione degli spazi e l'eliminazione degli sprechi, applicando inoltre i principi che sono stati definiti come fondamentali per un'edilizia residenziale innovativa, quali la flessibilità, la trasformabilità, la modularità, l'economicità e la sostenibilità (Fig. 6).

5. CONCLUSIONI

Il lavoro qui presentato si inserisce



Figure 6. Application example of the software developed through the analysis of the constructive system “Integro BS-400”.

5. CONCLUSIONS

The contribute here presented, fits itself into a broader search focused on the study of a construction process called “Integro BS 400”, that aims to identify innovative solutions in the field of housing constructions, in line with the changing contemporary living instances and in compliance with the performance requirements set by today’s regulatory and exigencies.

In particular, the study refers to a methodology that allows to govern the complexity of the variables involved, through a computer protocol to serve as an aid to the designer in the setup phase of the project. It is an approach that finds its justification if measured within the dynamics of development in the field of dry-prefabricated buildings and associated to the use of analysis and management tools inherent in the field of both process and product automation. Following this orientation, the search was focused on the development of an algorithm for the computerized control and analysis of several variables that characterize the design process. The results obtained from the study, representable as a protocol to assist the designer in the application of the construction process “Integro BS 400”, showed interesting potential applications, as established in a first testing held within a requalification project of an urban area of the city of Bologna.

in una più ampia ricerca focalizzata sullo studio di un procedimento costruttivo, denominato “INTEGRO BS 400”, che si pone l’obiettivo di individuare soluzioni innovative nel campo dell’edilizia residenziale in coerenza con le mutate istanze abitative contemporanee e nel rispetto dei requisiti prestazionali posti dall’odierno quadro normativo ed esigenziale.

In particolare, il contributo riferisce di una metodologia che consente di governare la complessità delle variabili in gioco, attraverso un protocollo informatico che funga da ausilio al progettista nella fase di impostazione dello studio. Un approccio che trova una sua giustificazione se misurato all’interno delle dinamiche di sviluppo della costruzione prefabbricata a secco ed associate all’impiego di strumenti di analisi e gestione propri del settore dell’automazione, sia di processo che di prodotto. Seguendo tale indirizzo, la ricerca è stata incentrata sullo sviluppo di un algoritmo di analisi e controllo computerizzato delle diverse variabili che connotano il processo progettuale. L’esito conseguito dallo studio, rappresentabile come un protocollo di ausilio per il progettista nell’applicazione del procedimento costruttivo INTEGRO BS 400, ha mostrato interessanti potenzialità applicative, come attestato da una prima sperimentazione svolta all’interno di un progetto di riqualificazione di una area urbana della città di Bologna.

6. REFERENCES

- [1] Bilò M., *Tipo e forma nell'architettura: il fondamento normativo del progetto*. Roma: Gangemi Editore, 1989.
- [2] Bologna R., *Permanenza e temporaneità del costruire in una prospettiva sostenibile*, «Costruire in laterizio» XI (1998), n.65, p. 352-359.
- [3] Bologna R., *Abitare la temporaneità*, «Costruire in laterizio» (2008), n.126.
- [4] Caniggia G., Maffei G. L., *Lettura dell'edilizia di base*. Venezia: Marsilio Editori, 1979.
- [5] Caniggia G., Maffei G. L., *Il progetto nell'edilizia di base*. Venezia: Marsilio Editori, 1984.
- [6] De Nardi D., Prouvé J., *Idee costruttive*. Torino: Testo&Immagine, 2000.
- [7] Del Bino D., Di Sivo M., Santi F., *Clima ed edilizia: rapporto tra tipologia edilizia e soleggiamento*. Firenze: Alinea Editrice, 1984.
- [8] Desideri P., *La città di latta*. Genova: Costa & Nolan, 1997.
- [9] Di Micco S., *La casa ecologica prefabbricata*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editore, 2010.
- [10] Housing contest. Repertorio di progetti per edifici residenziali ad elevate prestazioni e basso costo, a cura di C. Bolognesi e P. Mazzoleni. Milano: Edilstampa, 2012.
- [11] Innovazione ed evoluzione nel progetto della residenza: le nuove frontiere dell'industrializzazione per l'housing in Italia, a cura di R. Gulli, A. Greco. Monfalcone: Edicomeditazioni, 2010.
- [12] Iacomoni A., *Abitare lo spazio flessibile*, «Macramè» (2008), n.2, p.53-61.
- [13] *Il sistema edilizio aperto*, a cura di E. Zambelli. Milano: Franco Angeli Editore, 1982.
- [14] *La reversibilità del costruire. L'abitazione transitoria in una prospettiva sostenibile*, a cura di R. Bologna. Rimini: Maggioli, 2002.
- [15] *Geopolimeri: polimeri inorganici chimicamente attivati*, a cura di C. Leonelli, M. Romagnoli. Bologna: ICerS, 2011.
- [16] Martì Aris C., *Le variazioni dell'identità: il tipo in architettura*. Torino: Città Studi Edizioni, 1994.
- [17] Masi E., *Storia e significati del nostro lavoro*, «Parametro» (1984), n.125, p.13-33.
- [18] Massarelli M., Ristori S., *Forme contemporanee dell'abitare*, «Macramè» (2008), n.2, p.71-77.
- [19] Percoco M., Argenti M., *Innovazione e tecnica nel progetto della residenza*, «Materia» (2005).
- [20] Rebecchini M., *Il fondamento tipologico dell'architettura: teoria e significato del "tipo"*. Roma: Bulzoni Editore, 1978.
- [21] Trivelli A., *Edilizia residenziale innovativa: progettare l'housing contemporaneo*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editore, 2011.
- [22] Zambelli E.; Vanoncini P. A.; Imperadori M., *Costruzione stratificata a secco: tecnologie edilizie innovative e metodi per la gestione del progetto*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editore, 1998.